

KOORDINASI SIMPANG BERSINYAL PADA SIMPANG KENTUNGAN-SIMPANG MONJALI YOGYAKARTA

Fitria Purnayanti Cahyaningrum
Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
Jln. Grafika 2, Kampus UGM,
Yogyakarta, 55281
Telp: (0274) 545675
fit_ria07@yahoo.co.id

Ahmad Munawar
Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada
Jln. Grafika 2, Kampus UGM,
Yogyakarta, 55281
Telp: (0274) 545675
munawarugm@yahoo.com

Abstract

Two signalized intersections in Yogyakarta which began to experience traffic congestion problems are Kentungan and Monjali signalized intersections, located in the North Ring Road. The vehicles always stop at the intersection because they always get red signal. The data used in this study were collected by direct surveys, including vehicles volume, vehicles speed, signal time, and the geometric of both intersections. The data were then used to get the most saturated existing condition which becomes a reference in the determination of new cycle time and green phase distribution under optimal condition based on the signal coordination theory. From the analysis it was found that both intersections were not coordinated yet. From eleven scenarios, it was found that the new cycle time is 130 seconds with offset time for both directions is 70.93 seconds for both directions. Bandwidth obtained by coordination diagram is equal to 37 seconds for East direction and 32 seconds for West direction.

Keywords: coordinated signalized intersection, offset time, bandwidth, cycle time

Abstrak

Kedua simpang bersinyal di Yogyakarta yang mulai tidak terlepas dari masalah kemacetan adalah Simpang Kentungan dan Simpang Monjali, yang terletak pada Jalan Ring Road Utara. Permasalahan yang seringkali terjadi adalah kendaraan harus selalu berhenti pada tiap simpang karena selalu mendapat sinyal merah. Data yang dikumpulkan pada penelitian ini dilakukan dengan cara survei langsung, yang meliputi volume kendaraan, kecepatan tempuh kendaraan di kedua ruas, waktu sinyal, dan geometrik simpang. Data yang diperoleh digunakan untuk mendapatkan kondisi eksisting terjenuh yang akan menjadi acuan dalam merencanakan waktu siklus baru dan pembagian fase hijau yang paling optimal dengan memperhatikan teori koordinasi. Dari hasil analisis diketahui bahwa kedua simpang belum terkoordinasi. Dari sebelas alternatif perencanaan didapat waktu siklus baru sebesar 130 detik dengan waktu *offset* sebesar 70,93 detik untuk kedua arah. Berdasarkan diagram koordinasi didapat *bandwidth* sebesar 37 detik untuk arah dari Timur dan 32 detik untuk arah Barat.

Kata-kata Kunci: koordinasi simpang bersinyal, waktu *offset*, *bandwidth*

PENDAHULUAN

Salah satu kota besar di Indonesia yang kini mulai tidak terlepas dari masalah kemacetan adalah Yogyakarta. Kemacetan seringkali terjadi pada jam-jam sibuk di persimpangan-persimpangan yang dekat dengan pusat keramaian, seperti ruko, pertokoan,

mal, hotel, dan wilayah kampus. Sebagai contoh adalah Simpang Kentungan dan Simpang Monjali. Kedua simpang ini terletak dekat dengan kampus Universitas Gadjah Mada, yang merupakan jalan akses utama bagi mahasiswa untuk beraktivitas serta berperan penting bagi masyarakat, baik masyarakat Yogyakarta maupun masyarakat luar Yogyakarta. Kedua simpang ini penting karena terletak di Jalan Ring Road Utara, yang merupakan jalan nasional arteri primer. Simpang Monjali menghubungkan jalur transportasi dari Yogyakarta ke Magelang dan Semarang sedangkan Simpang Kentungan merupakan jalur penghubung dari Yogyakarta ke Klaten dan Solo. Kedua simpang tersebut merupakan jalur cepat dengan dua arah dan mempunyai 6 lajur lalu lintas serta dilengkapi dengan median.

Untuk mengurangi kemacetan di kedua simpang tersebut diperlukan suatu manajemen lalu lintas agar tercipta kondisi lalu lintas yang lancar dan sekaligus memaksimalkan kapasitas jalan dengan melakukan optimalisasi dan koordinasi di kedua simpang. Proses analisis dan susunan skenario kedua simpang dilakukan menggunakan MKJI 1997 agar diperoleh waktu siklus dan pembagian fase waktu hijau optimal. Selanjutnya koordinasi kedua simpang dilakukan dengan membuat diagram koordinasi dengan metode grafis. Koordinasi kedua simpang ini diharapkan dapat menghasilkan nilai derajat kejenuhan, antrian, dan tundaan yang lebih kecil sehingga dihasilkan kinerja kedua simpang yang lebih baik daripada kinerja sebelumnya.

Penelitian ini bertujuan sebagai berikut:

- a) mengetahui karakteristik lalu lintas kedua simpang pada kondisi eksisting,
- b) mengetahui kinerja kedua simpang pada kondisi eksisting, yang meliputi derajat kejenuhan, antrian, dan tundaan yang terjadi,
- c) mengevaluasi koordinasi sinyal antar simpang,
- d) mendapatkan koordinasi sinyal yang tepat hingga memperoleh nilai derajat kejenuhan, antrian, dan tundaan yang lebih baik, dan
- e) menganalisis perbedaan kinerja kedua simpang sebelum dan sesudah dilakukan koordinasi sinyal antar simpang.

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini terdiri atas data primer dan data sekunder. Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari pencatatan dan pengamatan di lokasi penelitian di kedua simpang, yang meliputi volume lalu lintas, waktu sinyal, geometrik simpang, kondisi lingkungan, dan kecepatan rata-rata. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari beberapa instansi terkait yang berhubungan dengan ruas jalan yang diamati. Data sekunder ini berupa peta lokasi, jarak antar simpang, serta jumlah penduduk kota.

DATA DAN ANALISIS

Hasil survei pada tanggal 5 Juni 2013 disajikan pada Tabel 1 dan Tabel 2. Pada kedua tabel tersebut diperlihatkan besarnya arus lalu lintas pada jam puncak di masing-masing simpang.

Tabel 1 Komposisi Kendaraan yang Masuk Simpang pada Jam Puncak Pagi

No.	Lokasi	Jam Puncak	Komposisi Kendaraan yang Masuk Simpang			
			MC	LV	HV	UM
1.	Simpang Kentungan	07.30-08.30				
	U: Jl. Kaliurang		2.522	605	7	27
	T: Jl <i>Ringroad</i> Utara		2.903	691	84	13
	S: Jl. Kaliurang		1.836	471	23	19
	B: Jl <i>Ringroad</i> Utara		3.000	1.014	74	21
2.	Simpang Monjali	06.45-07.45				
	U: Jl. Tentara Pelajar		2.400	433	6	29
	T: Jl <i>Ringroad</i> Utara		2.247	801	49	7
	S: Jl. Monjali		1.899	330	7	52
	B: Jl <i>Ringroad</i> Utara		3.009	802	64	26

Tabel 2 Komposisi Kendaraan yang Masuk Simpang pada Jam Puncak Sore

No.	Lokasi	Jam Puncak	Komposisi Kendaraan yang Masuk Simpang			
			MC	LV	HV	UM
1.	Simpang Kentungan	15.45-16.45				
	U: Jl. Kaliurang		2.434	657	38	19
	T: Jl <i>Ringroad</i> Utara		3.281	997	91	28
	S: Jl. Kaliurang		2.427	686	8	21
	B: Jl <i>Ringroad</i> Utara		2.207	1.058	98	16
2.	Simpang Monjali	16.00-17.00				
	U: Jl. Tentara Pelajar		1.882	415	20	33
	T: Jl <i>Ringroad</i> Utara		3.034	1.046	102	24
	S: Jl. Monjali		2.649	463	12	28
	B: Jl <i>Ringroad</i> Utara		1.944	1.044	110	11

Simpang Kentungan dan Simpang Monjali memiliki empat fase dan semuanya bergerak secara terlindung. Pembagian lama waktu sinyal di kedua simpang ditunjukkan pada pada Tabel 3.

Tabel 3 Pembagian Lama Waktu Sinyal di Simpang Kentungan dan Monjali

Simpang	Pendekat	Waktu Sinyal			<i>All Red</i>	Waktu Siklus
		Merah	Hijau	Kuning		
Kentungan	Utara	125	30	3	4	158
	Timur	120	35	3	4	158
	Selatan	130	25	3	4	158
	Barat	115	40	3	4	158
Monjali	Utara	124	20	3	6	147
	Timur	115	29	3	6	147
	Selatan	114	30	3	6	147
	Barat	112	32	3	6	147

Koordinasi Kondisi Eksisting

Salah satu syarat agar beberapa simpang terkoordinasi adalah adanya waktu siklus yang sama di semua simpang tersebut. Dari data sinyal kondisi eksisting didapat waktu siklus untuk Simpang Kentungan adalah 158 detik dan untuk Simpang Monjali sebesar 147 detik. Dari data ini terlihat bahwa simpang-simpang tersebut tidak memenuhi syarat untuk

terkoordinasi karena memiliki waktu siklus yang berbeda. Tabel 4 dan Tabel 5 berisi kinerja simpang untuk jam puncak pagi dan sore.

Tabel 4 Kinerja Simpang Jam Puncak Pagi (Eksisting)

Simpang	Pendekat	Q	S	FR	IFR	LTl	CT (detik)	GT (detik)	DS	QL (meter)	Tundaan (detik)
Kentungan	Utara	822	5962	0,138	0,361	28	158	30	0,726	109	66,7
	Timur	683	14505	0,047				35	0,212	85	53,8
	Selatan	537	6732	0,080				25	0,504	91	64,9
	Barat	616	6405	0,096				40	0,38	56	52,3
Monjali	Utara	524	4394	0,119	0,39	36	147	20	0,876	139	83,3
	Timur	572	6939	0,082				29	0,418	48	55,2
	Selatan	459	5670	0,081				30	0,397	149	54,1
	Barat	681	6351	0,107				32	0,493	60	54,3
Rata-rata									0,50075	92,125	60,575

Tabel 5 Kinerja Simpang Jam Puncak Sore (Eksisting)

Simpang	Pendekat	Q	S	FR	IFR	LTi	CT (detik)	GT (detik)	DS	QL (meter)	Tundaan (detik)
Kentungan	Utara	819	8046	0,102	0,411	28	158	30	0,536	102	61,9
	Timur	781	9312	0,084				35	0,379	117	55,9
	Selatan	795	5624	0,141				25	0,893	175	83
	Barat	522	6188	0,084				40	0,333	56	51,5
Monjali	Utara	525	4345	0,121	0492	36	147	20	0,887	189	85,5
	Timur	785	8313	0,094				29	0,478	63	56,2
	Selatan	694	3704	0,187				30	0,918	329	82,6
	Barat	581	6476	0,090				32	0,412	59	53
Rata-rata									0,6045	136,25	66,2

Kinerja yang dihitung adalah kinerja yang terdapat pada arus-arus utama saja, yaitu arus dari Timur dan dari Barat. Karena arus pendekat Utara dan Selatan memiliki volume yang hampir sama besar dengan arus utama, selanjutnya pendekat Utara dan pendekat Selatan juga termasuk dalam arus utama (mayor). Dari dua kinerja jam puncak tersebut dipilih kinerja terjenuh dengan melakukan penjumlahan ketiga nilai kinerja, seperti yang terlihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Pemilihan Kinerja Terjenuh Kondisi Eksisting

Jam puncak	DS	QL	Tundaan	Tingkat Pemilihan (TP)			Hasil Pemilihan
				DS	QL	Tundaan	
Pagi	0,5008	92,125	60,575	1	1	1	3
Sore	0,6045	136,25	66,2	2	2	2	6

Dari Tabel 6 dipilih jam puncak sore yang memiliki angka terbesar dalam hasil pemilihan sebagai kinerja terjenuh. Selanjutnya data volume simpang pada waktu sore sebagai jam puncak pada hari tersebut digunakan untuk merencanakan waktu siklus baru dengan memperhatikan teori koordinasi.

Perencanaan Waktu Siklus Baru

Terdapat 11 alternatif perencanaan waktu siklus baru dalam penelitian ini. Setiap perencanaan sebelumnya didasarkan pada waktu siklus salah satu simpang. Kemudian, simpang lain mengikuti waktu siklus tersebut agar didapatkan waktu siklus yang sama. Untuk penentuan waktu hijau dilakukan dengan metode *trial and error*. Waktu siklus yang akan dipilih adalah waktu siklus yang memiliki kinerja simpang rata-rata yang paling baik dari seluruh perencanaan, yaitu:

1. Alternatif 1 : Waktu siklus kedua simpang kondisi terkoordinasi mengacu pada waktu siklus simpang Kentungan kondisi eksisting sebesar 158 detik.
2. Alternatif 2 : Waktu siklus kedua simpang kondisi terkoordinasi mengacu pada waktu siklus simpang Monjali kondisi eksisting sebesar 147 detik.
3. Alternatif 3 : Waktu siklus kedua simpang adalah rata-rata dari waktu siklus kedua perencanaan sebelumnya sebesar 153 detik.
4. Alternatif 4 : Waktu siklus kedua simpang mengacu waktu siklus maksimum sesuai MKJI 1997, yaitu 130 detik.
5. Alternatif 5 : Waktu siklus kedua simpang sebesar 165 detik.
6. Alternatif 6 : Waktu siklus kedua simpang sebesar 130 detik dengan belok kanan terpisah pada masing-masing pendekat.
7. Alternatif 7 : Waktu siklus kedua simpang sebesar 130 detik dengan belok kanan terpisah pada pendekat utara dan selatan.
8. Alternatif 8 : Waktu siklus kedua simpang sebesar 130 detik dengan belok kanan terpisah pada pendekat timur dan barat.
9. Alternatif 9 : Waktu siklus kedua simpang sebesar 165 detik dengan belok kanan terpisah pada masing-masing pendekat.
10. Alternatif 10 : Waktu siklus kedua simpang sebesar 165 detik dengan belok kanan terpisah pada pendekat utara dan selatan.
11. Alternatif 11 : Waktu siklus kedua simpang sebesar 165 detik dengan belok kanan terpisah pada pendekat timur dan barat.

Penilaian Perencanaan Kinerja Terbaik

Setelah didapatkan rata-rata kedua simpang pada setiap perencanaan, pemilihan kinerja terbaik dilakukan dengan 3 macam cara penilaian, yaitu: (1) berdasarkan kinerja derajat jenuh, panjang antrian, dan tundaan, (2) berdasarkan efisiensi *bandwidth* dan *nonstop volume*, serta (3) berdasarkan kemampuan sinyal dalam meloloskan kendaraan.

Kinerja Derajat Jenuh, Panjang Antrian, dan Tundaan

Dalam mendapatkan kinerja simpang yang optimal, diharapkan nantinya akan didapatkan nilai derajat kejenuhan, panjang antrian, dan tundaan yang relatif lebih kecil dari kondisi eksisting. Pada Tabel 7 dapat dilihat perbandingan nilai dari masing-masing perencanaan. Hasil penilaian merupakan jumlah ketiga jenis kinerja, kemudian dipilih hasil penilaian yang terkecil untuk digunakan dalam koordinasi simpang bersinyal, yaitu alternatif 8.

Kinerja Efisiensi *Bandwidth* dan *Nonstop Volume*

Sebelumnya perlu dibuat terlebih dahulu diagram koordinasi untuk masing-masing perencanaan agar diketahui nilai *bandwidth* masing-masing perencanaan untuk kedua arah. Dalam menggambarkan diagram koordinasi dibutuhkan waktu tempuh hasil survei yang digunakan sebagai waktu *offset* untuk menggambarkan lintasan pergerakan *platoon*, yaitu 70,93 detik dari Timur ke Barat dan dari Barat ke Timur. Besarnya lintasan adalah *bandwidth*, dengan syarat *bandwidth* adalah tidak boleh menyentuh sinyal merah untuk mendapatkan arus yang tidak terputus. Jika dalam diagram terdapat lintasan yang mengenai sinyal merah, dilakukan pergeseran waktu siklus kembali secara horizontal sampai menemukan posisi yang tepat atau juga dengan memperkecil lintasan itu sendiri, sehingga syarat *bandwidth* terpenuhi.

Rumus efisiensi *bandwidth* dan *nonstop volume* adalah:

$$\text{Efisiensi} = \frac{\text{Bandwidth}}{\text{Panjang Siklus}} \times 100\% \quad (1)$$

$$\text{Nonstop volume} = \frac{3600 \times \text{Bandwidth} \times \text{Jumlah Lajur}}{\text{Headway} \times \text{Waktu Siklus}} \text{ (kend/jam)} \quad (2)$$

Tabel 7 Pemilihan Perencanaan Kinerja Terbaik Berdasarkan Kinerja Derajat Jenuh, Panjang Antrian, dan Tundaan

Jam puncak	DS	QL	Tundaan	Tingkat Pemilihan (TP)			Total Pemilihan	Urutan Pemilihan
				DS	QL	Tundaan		
Eksisting	0,605	136,250	66,200					
Alternatif 1	0,545	127	60,625	4	7	7	18	5
Alternatif 2	0,554	120,00	57,300	8	4	5	17	4
Alternatif 3	0,548	123	59,138	6	6	6	18	6
Alternatif 4	0,571	108	52,050	10	2	2	14	3
Alternatif 5	0,539	131	62,800	3	8	9	20	8
Alternatif 6	0,564	122,750	53,288	9	5	4	18	7
Alternatif 7	0,579	133,917	51,883	11	9	1	21	9
Alternatif 8	0,547	99,083	52,758	5	1	3	9	1
Alternatif 9	0,533	144,927	63,535	2	10	11	23	10
Alternatif 10	0,549	161,419	62,594	7	11	8	26	11
Alternatif 11	0,512	119,257	63,384	1	3	10	14	2

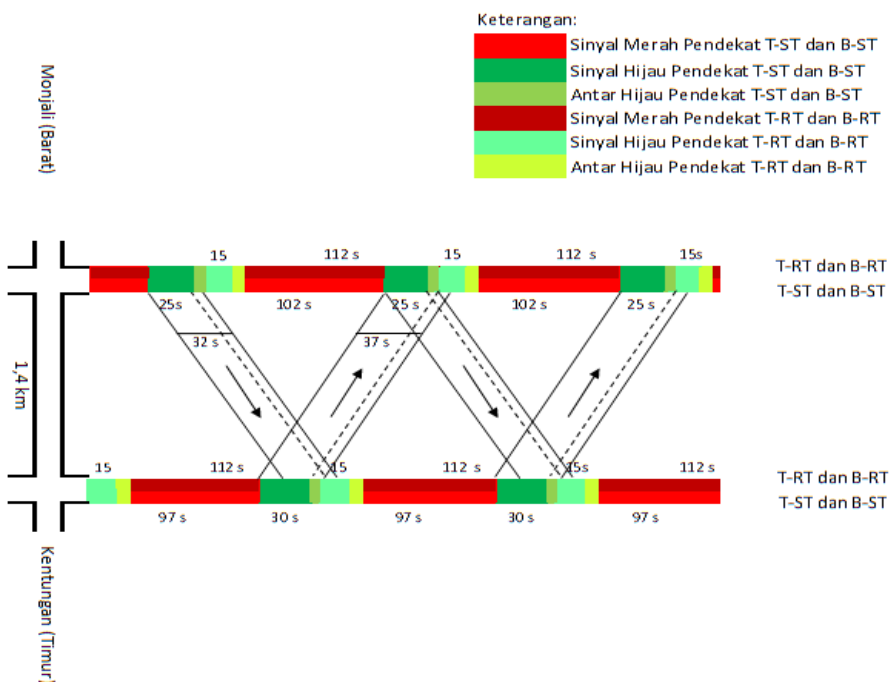
Perbandingan nilai masing-masing perencanaan pada kedua simpang ditunjukkan pada Tabel 8. Dari Tabel 8 dipilih efisiensi *bandwidth* dan *nonstop volume* yang bernilai paling besar, yaitu alternatif 8.

Kinerja Kemampuan Sinyal dalam Meloloskan Kendaraan

Dari lintasan pada diagram koordinasi perlu ditinjau kendaraan yang masih terkena sinyal merah saat sampai simpang tujuan dan waktu tunggu kendaraan tersebut hingga sinyal hijau menyala. Selanjutnya, dapat dibuat persentase kendaraan yang lolos saat mendapat sinyal hijau. Semakin besar nilai persentasenya, semakin banyak kendaraan yang dapat diloloskan saat hijau. Dari Tabel 9 didapatkan bahwa alternatif 8 dan alternatif 6 terpilih sebagai rata-rata persentase lolos kendaraan dengan nilai terbesar, yaitu sebesar 100%.

Tabel 8 Pemilihan Perencanaan Kinerja Terbaik Berdasarkan Kinerja Efisiensi *Bandwidth* dan *Nonstop Volume*

Kondisi Eksisting	Efisiensi <i>Bandwidth</i> (%)		Rata-Rata	Nonstop Volume (kend/jam)		Rata-Rta	Urutan Pemilihan
	Dari	Dari		Dari	Dari		
	Kentungan	Monjali		Kentungan	Monjali		
Alternatif 1	20,25	16,46	18,36	1458	1185	1322	7
Alternatif 2	21,77	17,00	19,38	1567	1224	1396	5
Alternatif 3	21,57	17,65	19,61	1553	1271	1412	4
Alternatif 4	20,77	6,92	13,85	1495	498	997	11
Alternatif 5	21,21	9,09	15,15	1527	655	1091	9
Alternatif 6	25,38	23,85	24,62	1828	1717	1772	2
Alternatif 7	19,23	13,85	16,54	1385	997	1191	8
Alternatif 8	28,46	24,62	26,54	2049	1772	1911	1
Alternatif 9	26,06	10,91	18,48	1876	785	1331	6
Alternatif 10	2061	9,09	14,85	1484	655	1069	10
Alternatif 11	28,48	16,97	22,73	2051	1222	1636	3



Gambar 1 Diagram Aliran Pleton Kendaraan pada Kondisi Alternatif 8

Tabel 9 Pemilihan Perencanaan Kinerja Terbaik Berdasarkan Kinerja Kemampuan Sinyal dalam Meloloskan Kendaraan

Alternatif	Proporsi (%)		Rata-Rata (%)	Urutan Alternatif
	Timur	Barat		
1	91,43	81,25	86,34	5
2	100,00	78,13	89,06	4
3	100,00	81,82	90,91	3
4	93,10	33,33	63,22	11
5	100,00	42,86	71,43	9
6	100,00	100,00	100,00	2
7	89,29	72,00	80,65	7
8	100,00	100,00	100,00	1
9	100,00	45,00	72,50	8
10	100,00	42,86	71,43	10
11	100,00	62,22	81,11	6

Dari ketiga sistem pemilihan tersebut dipilih alternatif 8 sebagai alternatif terbaik karena menghasilkan nilai terkecil berdasarkan kinerja derajat jenuh, antrian, dan tundaan, serta menghasilkan nilai terbesar berdasarkan efisiensi *bandwidth* dan *nonstop volume*. Selain itu alternatif 8 juga menghasilkan nilai rata-rata persentase lolos kendaraan terbesar karena diagram koordinasi menunjukkan tidak ada yang terkena merah ketika sampai ke simpang berikutnya, sehingga kendaraan lolos sebesar 100% mulai awal hijau hingga akhir hijau dari simpang asal. Diagram koordinasi dari alternatif 8 ditunjukkan pada Gambar 1. Namun terjadi perubahan pergerakan fase pada alternatif 8 karena menggunakan sistem belok kanan terpisah untuk pendekat Timur dan pendekat Barat, seperti ditunjukkan pada Tabel 10. Dalam perencanaan ini arus yang lurus lebih diutamakan dibandingkan arus ke kanan karena berdasarkan hasil survei didapat nilai arus lurus lebih besar dibandingkan dengan arus ke kanan.

Tabel 10 Perubahan Pergerakan Fase Simpang Kentungan dan Monjali

Fase	Pergerakan Awal	Pergerakan Rencana
1.		
2.		
3.		
4.		

KESIMPULAN DAN SARAN

Beberapa kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Pada kondisi eksisting kedua simpang menunjukkan pada kondisi lewat jenuh di beberapa pendekat dengan rata-rata nilai derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,5008, panjang antrian (QL) sebesar 92,125 meter, dan tundaan (D) sebesar 56,575 detik, untuk jam puncak pagi, serta nilai derajat kejenuhan (DS) sebesar 0,6045, panjang antrian (QL) sebesar 136,25 meter, dan tundaan (D) sebesar 59,575 detik, untuk jam puncak sore.

2. Waktu siklus kedua simpang yang berbeda pada kondisi eksisting menunjukkan bahwa kedua simpang belum terkoordinasi. Koordinasi kedua simpang dilakukan dengan menentukan waktu siklus yang sama untuk kedua simpang setelah memilih salah satu jam puncak dengan kondisi terjenuh, yaitu jam puncak sore untuk dijadikan dasar perencanaan. Dari sebelas perencanaan, alternatif perencanaan 8 terpilih dengan waktu siklus berkinerja terbaik sebesar 130 detik sesuai waktu siklus maksimum pada MKJI 1997 serta menggunakan sistem belok kanan terpisah pada pendekat Timur dan Barat. Koordinasi sinyal dilakukan dengan menggunakan waktu *offset* yang telah didapat dari kecepatan rerata pada saat survei, yaitu kecepatan kendaraan ringan pada lajur cepat sebesar 70,93 detik. Selanjutnya didapatkan *bandwidth* dari diagram koordinasi sebesar 37 detik untuk arus Timur-Barat dan sebesar 32 detik untuk arus Barat-Timur. Dalam hal ini waktu siklus dapat digeser secara horizontal untuk mendapatkan koordinasi yang tepat.
3. Setelah dilakukan koordinasi sinyal antar simpang dihasilkan kinerja yang lebih baik dari kondisi eksisting, yang ditunjukkan oleh nilai-nilai DS, QL, dan D untuk perencanaan 8 yang lebih kecil daripada nilai-nilai pada kondisi eksisting.

Beberapa saran yang diusulkan adalah:

1. Agar lebih bisa representatif kajian ini masih perlu diperluas untuk kasus-kasus simpang yang berbeda-beda.
2. Perlu dilakukan penelitian pada studi kasus yang sama dengan menggunakan *software* yang sesuai dengan kondisi di Indonesia untuk mendukung keakuratan hasil penelitian yang sudah ada, sekaligus untuk membandingkan hasil dari hitungan secara manual dengan menggunakan *software* apakah hasilnya mendekati atau justru memiliki perbedaan yang jauh.
3. Dari analisis kasus ruas Jalan *Ring Road* Utara ini diketahui bahwa jumlah kendaraan tidak akan mampu ditampung sepenuhnya oleh kapasitas simpang yang ada seiring berjalannya waktu. Untuk itu perlu suatu kebijakan serius dan tegas dari pemerintah untuk menekan pertambahan jumlah kendaraan. Tentu saja hal ini perlu diikuti dengan penyediaan moda angkutan umum yang memadai.

DAFTAR PUSTAKA

- Direktorat Jendral Bina Marga. 1997. *Manual Kapasitas Jalan Indonesia*. Departemen Pekerjaan Umum. Jakarta.
- James, H. B. 2002. *Introduction to Transportation Engineering*, Second Edition. San Diego, CA: San Diego State University.
- Jauhari L. S. 2004. *Perbandingan Keluaran Kinerja Simping Bersinyal Terkoordinasi Berdasarkan Pendekatan MKJI dan Software TRANSYT: Studi Kasus Simping Jl.*

- Slamet Riyadi, Surakarta.* Tesis tidak dipublikasikan. Semarang: Program Pascasarjana, Universitas Diponegoro.
- Muzambeth, E. Z. 2010. *Analisis dan Koordinasi Sinyal Antar Simpang pada Ruas Jalan Diponegoro Surabaya.* Tugas Akhir tidak dipublikasikan. Surabaya: Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Shane, Mc.W.R and Roess, R.P. 1990. *Traffic Engineering.* Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, Inc.